

Арсентьев Олег Васильевич,

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: arsentyevov@mail.ru

Баранов Владислав Борисович,

обучающийся, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: vladang199920@mail.ru,

Тихонова Ангелина Евгеньевна,

обучающаяся, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: lina_tikhonova@icloud.com

Самчук Роман Максимович,

обучающийся, Ангарский государственный технический университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ БУРОВЫХ УСТАНОВОК

Arsent'yev O.V., Baranov V.B., Tikhonova A.E., Samchuk R.M.

INCREASING THE EFFICIENCY OF POWER SUPPLY OF DRILLING RIGS

Аннотация. Рассмотрены особенности электроснабжения буровых установок нефтегазового комплекса, определены основные потребители электроэнергии, их режимы работы, проведен анализ технических средств по улучшению работы системы, предложен способ регулирования, позволяющий повысить эффективность работы энергосистемы.

Ключевые слова: буровые установки, электроснабжение, реактивная мощность, высшие гармоники, автоматически регуляторы.

Abstract. The features of the power supply of oil and gas complex drilling rigs are considered, the main consumers of electricity, their operating modes are identified, the technical means for improving the system are analyzed, a regulation method is proposed that allows to increase the efficiency of the power system.

Keywords: drilling rigs, power supply, reactive power, higher harmonics, automatically regulators

Развитие энергетического комплекса является приоритетной задачей, позволяющей решить ряд проблем, связанных с развитием инновационных технологий в промышленности, освоением новых, как правило, удаленных, территорий, с увеличением добычи углеводородов для потребления на внутреннем рынке и обеспечения экспортных поставок в страны, традиционно потребляющие энергоресурсы из РФ. Основным способом развития новых месторождений является бурение скважин для определения объемов полезных ископаемых (разведки) и добычи нефти и газа (эксплуатации). Географическая удаленность расположения углеводородных месторождений, особенности работы буровых установок оказывают существенное влияние на эффективность работы системы электроснабжения, обеспечивающей электроэнергией объекты нефтегазового комплекса [1, 2].

Буровая установка (БУ) является основным объектом электроснабжения при разработке месторождений. Это высокотехнологичный, энергоёмкий элек-

тротеханический комплекс, который для осуществления своих функций выполняет следующие, как правило, повторяющиеся, операции:

- спуск буровых труб с долотом в скважину;
- бурение, разрушение породы в забое;
- наращивание буровой колонны по мере увеличения глубины скважины;
- подъем буровой колонны для замены изношенного инструмента, долота.

Для выполнения этих операций на БУ установлены производственные механизмы, выполняющие основные и вспомогательные функции:

- буровая лебедка, буровые насосы, ротор;
- подготовка бурового раствора, крановое оборудование, компрессор.

В таблице 1 приведены характеристики основного оборудования БУ производства ПО «Уралмаш» [3].

Таблица 1

Характеристики основного оборудования БУ

№ п/п	Тип БУ Показатели	БУ 5000/320ЭР	БУ 6500/400ЭР	БУ 8000/500ЭР
		1	Схема привода	Тиристорный постоянного тока
2	Допустимая нагрузка на крюке, кН	3200	4000	5000
3	Условная глубина бурения, м	5000	6500	8000
4	Буровая лебедка	ЛБУ 37-1100, 1000 кВт	ЛБУ 2000ПС, 2х800 кВт	ЛБУ 3000М1 2х800 кВт
5	Ротор	Р-700, 1000 кВт	Р-700, 1000 кВт	Р-950, 1000 кВт
6	Буровой насос	УНБТ-950, 2х1000 кВт	УНБТ-950, 2х1000 кВт	УНБТ-1180, 2х1000 кВт
7	Масса, т	760	1225	1182

Общая установленная мощность электрооборудования БУ в зависимости от характеристик составляет 4-5 МВА. Это достаточно энергоемкая установка, с 2-3 категорией электроснабжения (в зависимости от условий энергообеспечения). Система электроснабжения строится по «кустовому» способу, когда группа БУ питается от общей сети, которая, в свою очередь, может быть выполнена в зависимости от имеющихся технологических возможностей и наличия централизованных энергосистем [2, 4]:

- централизованное электроснабжение, питание группы БУ только от ЛЭП;
- автономное электроснабжение, собственная генерация;
- комбинированная система, сочетающая ЛЭП и собственную генерацию.

Каждый из способов имеет особенности и ограничения. Прежде всего, это касается наличия или отсутствия централизованных источников энергообеспечения. Во многих случаях БУ располагаются в местах, где производственная деятельность только начинается и инфраструктура, обеспечивающая про-

цесс бурения, организуется локально, автономно. При этом основным источником энергии являются дизель-генераторные установки, которые, как правило, располагаются на территории БУ (например, серия ADP «Perkins» мощностью до 2,2 МВт [5]). Если бурение эксплуатационное, то возможно использовать в качестве энергии попутный газ, извлекаемый из нефти с добывающих скважин по технологии подготовки. В этом случае источником электроэнергии являются газотурбинные установки (ГТУ, SGT-A65, Siemens, 70,8 МВт [6]). Такая генерация выполняется централизованной, и распределение электроэнергии осуществляется с помощью ЛЭП.

На рисунке 1 приведена типовая схема электроснабжения БУ через вводное устройство типа высоковольтного линейного блока ВЛБ-6(10), подключаемого к промышленной сети напряжением 6 или 10кВ.

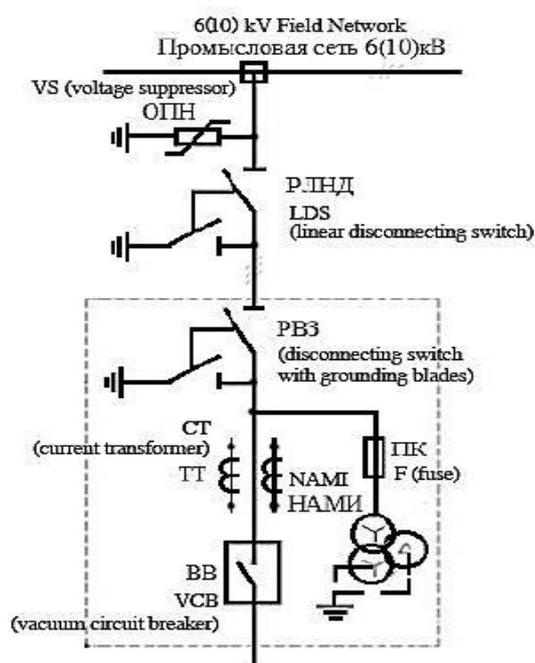


Рисунок 1 - Схема высоковольтного линейного блока ВЛБ-6(10)

Высоковольтный линейный блок состоит из ограничителя перенапряжений ОПН, разъединителя линейного РЛНД, разъединителя РВЗ, трансформаторов тока ТТ, предохранителя ПК, измерительного трансформатора напряжения НАМИ и вакуумного выключателя.

Основной особенностью работы бурового оборудования является резко переменный график нагрузок (буровые лебедки), потребление большой реактивной мощности (буровые насосы), генерация высокочастотных гармоник при работе тиристорного преобразователя (ротор). Наличие этих факторов требует использование технических решений, направленных на повышение эффективности системы электроснабжения.

Традиционно в системе электроснабжения БУ устанавливаются батареи конденсаторов (БК), которые компенсируют реактивную мощность определен-

ной величины, обеспечивающей поддержку заданной величины коэффициента мощности в наиболее вероятных режимах работы электрооборудования БУ. Эта усредненная компенсация не отслеживает изменения нагрузки в системе, ее нельзя подвергнуть принудительному оперативному управлению. Как правило, КБ не используются для фильтрации высших гармоник в системе, которые оказывают негативное влияние на работу, как силового, так и защитного оборудования БУ [2, 4].

Использование собственной генерации при автономном (или комбинированном) электроснабжении позволяет расширить регулировочные возможности по компенсации реактивной мощности в системе. Автоматическое регулирование возбуждения (АРВ) синхронного генератора способно отслеживать изменения нагрузки, поддерживать заданный баланс мощностей в энергосистеме. Однако, генерация реактивной мощности может происходить только в определенных диапазонах, которые определяются допустимым током возбуждения и полным током обмотки якоря. Наличие высших гармоник в системе отрицательно сказывается на работе генератора, вызывает дополнительные потери на нагрев и снижает величину допустимой нагрузки.

Для комплексного устранения негативного влияния режимов работы оборудования БУ на систему электроснабжения предлагается использовать статические компенсаторы реактивной мощности (SVC) [7, 8] (рисунок 2). Компенсатор SVC состоит из ряда неотключаемых или переключаемых ветвей, из которых, по крайней мере, одна ветвь включает цепь тиристоров. Конфигурация ветвей может варьироваться в значительной степени в зависимости от требований и решаемых задач.

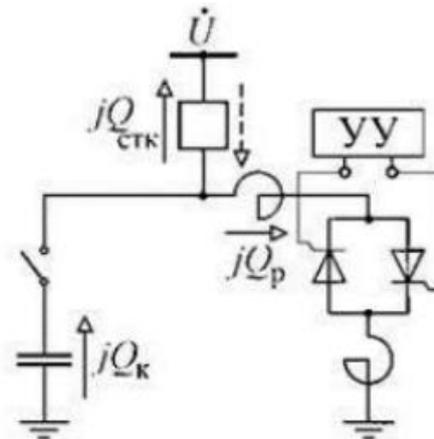


Рисунок 2 - Принципиальная схема SVC — TCR/FC

В общем виде в систему SVC входит комбинация как минимум из двух элементов, приведенных ниже (например, TCR/FC или TCR/TSC/FC):

- реактор с тиристорным управлением (TCR), регулирует мощность реактора jQ_p ;

- конденсатор с тиристорным переключением (TSC) регулирует мощность конденсатора jQ_k ;
- фильтр гармоник (FC), обеспечивает устранение высших гармоник в настраиваемом диапазоне.

Наиболее распространенные топологии SVC — TCR/FC или TCR/TSC/FC. Использование SVC приводит к положительному эффекту в работе энергосистемы:

- снижение колебаний напряжения;
- повышение коэффициента мощности;
- балансирование нагрузки;
- снижение токов высших гармоник.

Предлагаемое техническое решение интегрируется в общую систему автоматизации, обеспечивает компенсацию реактивной мощности и фильтрацию высших гармоник во всех режимах работы оборудования БУ. Применение SVC повышает эффективность электроснабжения бурового электрооборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Меньшов Б.Г. и др. Электротехнические установки и комплексы в нефтегазовой промышленности. М., 2000. - 437с.

2. Абрамович Б.Н. и др. Электроснабжение нефтегазовых предприятий. Учебное пособие / Б. Н. Абрамович, Ю. А. Сычев, ДА. Устинов. СПб., 2008. 81с.

3. Буровые установки ПО «Уралмаш». [Электронный ресурс]. // neftegaz.ru: [сайт]. [2012]. URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/burovye-ustanovki-i-ikh-uzly/141193-burovye-ustanovki-po-uralmash/> (дата обращения 30.04.2020).

4. Сибикин Ю. Д. Электрооборудование нефтяной и газовой промышленности. Оборудование систем электроснабжения. М., 2015. - 352с.

5. Дизельные электростанции с двигателем Perkins серии ADP. [Электронный ресурс]. // ПСМ Российский производитель: [сайт]. [2020]. URL: https://www.powerunit.ru/catalog/dizelnye_generator/ADP_series/ (дата обращения 30.04.2020).

6. Газовые турбины для добычи нефти и газа на суше. [Электронный ресурс]. // Siemens: [сайт]. [2020]. URL: <https://new.siemens.com/global/en/products/energy/power-generation/gas-turbines/onshore-production.html> (дата обращения 30.04.2020).

7. Тиристорные конденсаторные установки КРМТ [Электронный ресурс]. // ПромЭлектроАвтоматика: [сайт]. [2020]. URL: <http://www.pea.ru/docs/equipment/reactive-power-compensation/teristornie-ustanovki/> (дата обращения 30.04.2020)

8. Статические компенсаторы реактивной мощности (SVC) [Электронный ресурс]. // ABB: [сайт]. [2020]. URL: [https://new.abb.com/facts/ru/staticheskie-kompensatory-reaktivnoi-moshnosti-\(svc\)](https://new.abb.com/facts/ru/staticheskie-kompensatory-reaktivnoi-moshnosti-(svc)) (дата обращения 30.04.2020).